

宇宙水族館

山口県立山口高等学校 化学・生物部

I プロジェクトの目的

国際宇宙ステーションの運用が始まり、宇宙飛行士が長期間滞在するようになった。宇宙の生活においては、狭い居住空間や高い精度が要求される作業など、精神的なストレスも多い。ストレスを適度に解消し、心身ともに健康な状態を維持することは、任務を遂行する上で大変重要な課題である。

このプロジェクトでは、国際宇宙ステーションにアクアリウムを設置することを提案する。アクアリウムの中で、美しい熱帯魚として知られているグッピーを飼育し、宇宙飛行士のストレス解消に役立てたい。なお、グッピーの飼育から、微小重力環境下での生殖、環境適応、個体群密度、進化などについて重要なデータが得られることが期待できる。

II 関連分野の研究の現状

<宇宙飛行士のストレス>

宇宙飛行士には、閉鎖環境に置かれるストレス、微小重力環境でのストレス、緊急事態が起こる可能性に対するストレスなど、多種多様なストレスが掛かる。ストレスを解消するために専門家による面談が行われ、家族や友人とのテレビ電話やメールなどでもできるようになっている。心理検査も月1回行われ、地上でのデータと比較し、ストレスを定量的に評価している(林、2009)。

<微小重力条件下におけるメダカの生殖>

1994年に行われたIML-2/STS-65において、宇宙でのメダカの生殖について実験された。その結果、メダカは宇宙で正常に産卵し、その卵は稚魚として生まれた。さらに、稚魚は地上に帰還後に親まで成長し、子孫を残すことができた(井尻, 1995)。メダカの生殖については、微小重力環境は大きな影響を与えないと考えられた。

<飼育装置の開発>

メダカなどの小型水棲生物を飼育するために、水棲生物飼育装置(AAEU: Aquatic Animal Experiment Unit)が開発されている。この装置は、国際宇宙ステーションで90日間の飼育を目的とし、改良に取り組みされている(内田・崎村・石岡)。

III プロジェクトの概要

<グッピーを用いる理由>

グッピーの雄のひれは大変カラフルで美しく、飼育も容易であるため人気のある熱帯魚である(写真1、2)。その泳ぎを見ていると、癒しの効果が期待できる。大きさはメダカと同じくらいだが、メダカが卵を産卵するのに対して、グッピーは子の形で母親から出産される卵胎生の魚である点異なる。グッピーの出産周期は1ヶ月弱で、生後約3ヶ月で出産が可能になる。一世代が短いため、宇宙環境下で世代交代を繰り返した場合に生じる影響について、短期間にデータを得ることが可能である。メダカの宇宙実験はすでに行われており、これまでのメダカの実験で蓄積された技術と経験を活用すれば、グッピーを用いた実験にすぐに取り組むことができる。ただし、水棲生物飼育装置に関しては、現在のものに改良を加え、長期間

(1年以上)の継代飼育が可能なものにしたい。内部の物質循環のバランスも成り立たせ、装置外部から投入する餌や装置内部から取り除く排泄物などの量を最小限に止め、飼育装置の内部が閉鎖生態系として安定するようさせる。



写真1 群れ泳ぐグッピー

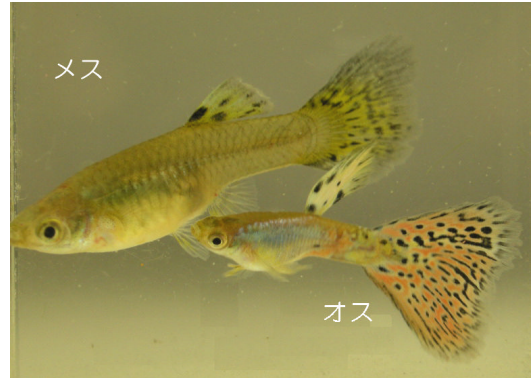


写真2 グッピーのオスとメス

実験方法

1. 地上にて、長期間の継代飼育が可能になるように改良した水棲生物飼育装置にグッピーを入れる。グッピーは、青色系統2ペア(尾ひれの大きな系統1ペア、尾ひれの小さな系統1ペア)、黄色系統2ペア(尾ひれの大きな系統1ペア、尾ひれの小さな系統1ペア)、赤色系統2ペア(尾ひれの大きな系統1ペア、尾ひれの小さな系統1ペア)の計6ペア(12匹)とする。体色について3種類(青・黄・赤)、尾ひれの大きさについて2種類(大・小)を用いるのは、ひれの大きさや色によって、微小重力条件下での子孫の繁栄に差が無いかを確かめるためである。装置を2組準備し、1組は宇宙実験用、1組は地上実験用(対照実験)として用いる。
2. グッピーを入れた水棲生物飼育装置(図1)の内、1組を国際宇宙ステーションに設置する。水質管理とビデオカメラによる撮影は、コンピュータを用いて自動化する。撮影された映像から、個体数と大きさ(全長)を画像解析ソフトを用いて自動で検出して記録する。餌やりについては、使い捨て注射器内部に封入したゼリー状のエサを水槽に取り付けておき、宇宙飛行士がピストンを押して給餌する。なお、これをシリンジポンプにセットすれば、自動給餌も可能となる。また、水槽には、弁を介して2本のシリンジを接続し、必要に応じてエサや気体などを出し入れできるようにする。

飼育水槽の形状は、50mm×200mm×200mm程度の大きさの直方体とし、材質は透明なアクリル製とする。飼育水槽には、水質維持装置を取り付け、水を循環させる。同じ物を地上に1組設置し、対照実験とする。

ゴミやグッピーの死骸が生じた場合、水槽内に残っていると、水質の悪化や見た目にもストレスになる。そこで、水質を維持するために水を循環させる吸い込

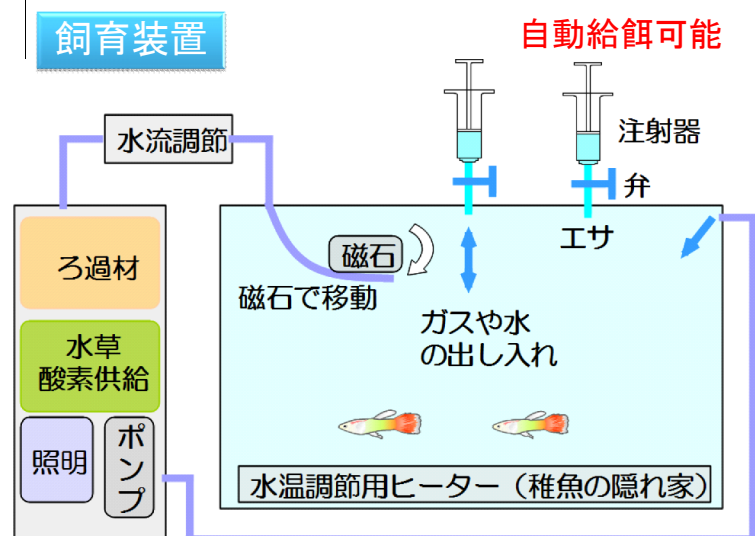


図1 飼育装置(ゴミや死体の吸引、自動給餌、水質管理)

み口に磁石を付けておき、外部から磁石を動かして吸い込み口をゴミや死骸に近づけて吸引し、ろ過装置へ移動させて分解できる構造にする。

<プロジェクト1 癒し効果>

グッピーの写真や実物を見てもらい、実際にエサを与えた後でアンケートに答えてもらった(図2)。結果から、写真ではなく実物の方が癒し効果が高いと考えられた。また、エサやりなどの飼育については、少しストレスになる可能性が示唆された。このことより、宇宙飛行士には事前に地上でアンケートを実施し、グッピーの飼育に、癒しを感じる方に実験を担当していただく。

なお、試験紙を舌に付け、だ液中に分泌されているアミラーゼの量を調べることで心理状態を調べることができる検査方法(ニプロ社製 だ液アミラーゼモニター)がある。この簡便な方法を用いて心理状態をチェックし、宇宙飛行士がエサやりなどにストレスを感じるようであれば、自動給餌に切り換える(図1)。

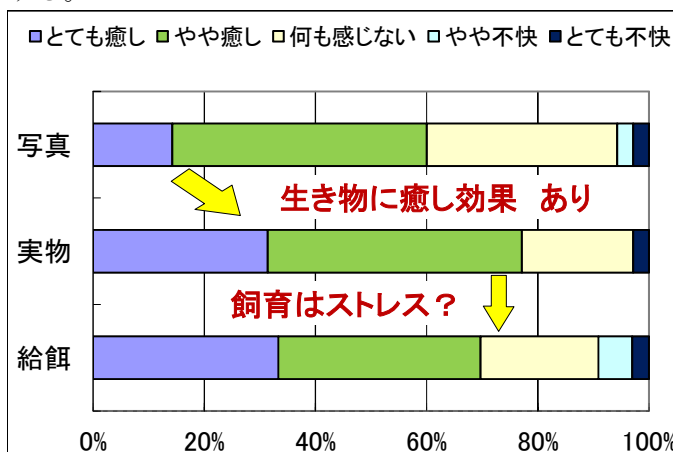


図2 アンケート調査の結果

<プロジェクト2 微小重力環境下でのグッピーの生殖>

1. グッピーの雄は、雌の前でひれを大きく広げるディスプレイをした後に、筒状に変形した尻ひれを使って雌へ精子を渡す。雄から渡された精子は、雌の体内で卵と受精する。グッピーの雌雄の行動をビデオカメラで撮影して地上の行動と比較し、微小重力環境による影響を検証する。なお、数日ごとに撮影を繰り返し、行動様式に変化が生じないかを確認する。
2. 腹部が大きくふくれて出産間際になった雌をビデオで録画し、出産の様子を記録する。出産の様子を地上と微小重力環境下とで比較する。
3. 生まれた稚魚の数や生存率を調べ、地上と比較する。

<プロジェクト3 微小重力環境下での生物の環境適応と進化>

1. 地上と宇宙において、同じ型の水棲生物飼育装置内で飼育したグッピーについて、ひれの大きさ、体色、個体群密度などを比較する。
2. 宇宙で長期間飼育した個体を地上に持ち帰り、地上個体群と宇宙個体群とで発現遺伝子に差が生じていないか、マイクロアレイ法などで検証する。
3. 得られたデータを基に、宇宙環境下での生物の環境適応や進化について考察する。

予想される結果

1. 宇宙飛行士が、美しく泳ぐグッピーによって癒される効果が期待される。犬や猫などのペットを宇宙へ連れて行くには、スペースや排泄物の処理などの問題が大きいため、その可能性は低いと思われる。ところが、グッピーのような小型の水棲生物であれば飼育も可能である。
2. グッピーはメダカと同様に、微小重力環境下でも生殖が可能だと予想される。もし、正常に子孫が生まれれば、【脊椎動物の体内受精】、【脊椎動物の出産(卵ではなく子)】について新規のデータを得られることになるので大きな意味がある。

3. 狭小空間では、オスとメスの距離が近いこと、オスがメスに対してディスプレイをする必要性が減少すると予想される。また、ひれが小さい方が微小重力条件下で姿勢を制御しやすく、生殖にも有利であろう。そのため、尾ひれの小さいグッピーが多くなり、ディスプレイの行動も弱まると考えられる。また、色彩についても必要性は減少するものの、カラフルな色彩による不利益は生じないため、体色が顕著に変化することはないと考えられる。
4. 微小重力環境下では魚の運動量が低下し、各個体が占有する空間も小さくなると予想している。その結果、個体群密度については、地上よりも増大するであろう。
5. 地上と宇宙での発現遺伝子については、どのような違いが生じるか不明である。大変興味深く、是非、実際に確かめてみたい。

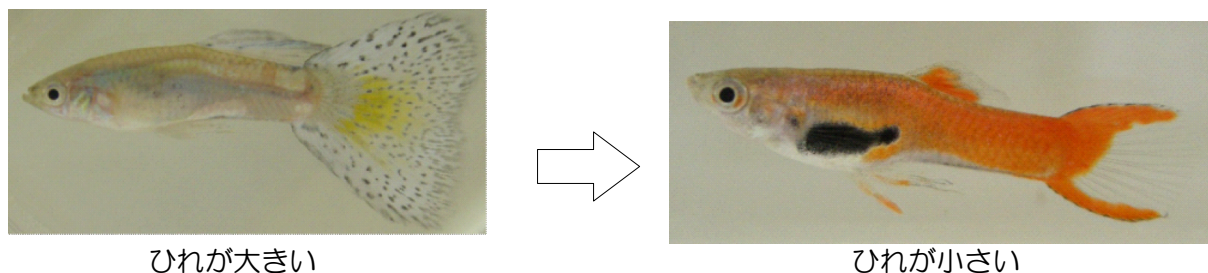


写真3 グッピーのオスのひれの形

IV 社会的な効果

宇宙でグッピーが泳ぐ姿が地上に伝えられると、子どもから大人まで興味を持って見ていただけることが期待できる。さらに、宇宙での体内受精や出産など、医学的に重要なデータも得られる。このように、本プロジェクトは、多くの人々の関心を宇宙実験に集めることが可能であろう。なお、水棲生物飼育装置の改良は、閉鎖生態系に関しても多くのデータを得ることができ、環境問題の解決に役立つことが期待される。

V 実施に向けての準備

このプロジェクトは、数年間の期間を要するため、「きぼう」を利用して実施する。

	2011年～2015年	2016年～2018年	2019年	2020年
実験の準備	水棲生物飼育装置改良	予備実験 改善の検討	実験内容の確認	宇宙実験
宇宙飛行士準備		実験操作手順の協議	実験操作の訓練	

VI 引用文献

- (1) 林 公代：「若田飛行士 宇宙滞在を乗り切るメンタルヘルスの鍵は」、三菱電機 2009年2月コラム vol.1 (http://www.mitsubishielectric.co.jp/dspace/column/c0902_1_b.html)
- (2) 井尻 憲一：「宇宙メダカ実験のすべて」、RICUT 発行(1995)
- (3) 内田 智子・崎村 徹・石岡 憲昭：「第7章 水棲生物を用いた宇宙環境利用研究と実験装置開発」(http://www.jaros.or.jp/space%20utilization%20view/h14_chapter7.pdf#search='AAEU)